اکبری، علی؛ داورپناه، محمدرضا (۱۳۹۶). تحلیل اصول سیبرنتیک در فیزیک قدیم و جدید. *پژوهش‌نامه کتابداری و اطلاع‌رسانی*، ۷ (۲)، ۳۱۷-۳۳۷.

تحلیل اصول سیبرنتیک در فیزیک قدیم و جدید

علی اکبری[۱]، محمدرضا داورپناه[۲]

تاریخ دریافت: ۹۴/۳/۲۰ تاریخ پذیرش: ۹۵/۶/۲۰ DOI: 10.22067/riis.v7i2.47457

چکیده

مقدمه: اصول و قوانین، نقش بیان اساسی‌ترین ایده‌ها در یک علم و نیز ایجاد چارچوب و روش‌شناسی برای حل مسائل آن علم را بازی می‌کنند. این مقاله بر آن است تا با گذری بر مفاهیم و مراتب چهارگانه سیبرنتیک، به بررسی اصول حاکم بر این علم بر اساس رویکردهای فیزیک جدید و قدیم بپردازد.

روش: در نگارش مقاله رویکرد مروری‌تحلیلی مورد استفاده قرار گرفته است. این مقاله سعی دارد با بررسی متون علمی این حوزه از طریق روش کتابخانه‌ای، ابتدا گذری بر مفاهیم و مراتب چهارگانه سیبرنتیک داشته باشد، سپس اصول حاکم بر این علم از دو دیدگاه پوزیتیویستی و هرمنوتیکی را بررسی نماید.

یافته‌ها: نحوه نگرش به جهان هستی موجب شکل‌گیری دیدگاه‌های مختلف در علم و در عین حال پیشرفت شناخت علمی شده‌است. در ابتدا دیدگاه پوزیتویستی بر اساس تئوری نیوتون و دیدگاه مکانیکی شکل گرفت. سپس پسا اثبات‌گرایان با توجه به دو اصل ضرورت و تصادف قوانین زیست‌شناسی را پی‌ریزی کردند. با ورود تئوری کوانتوم و نسبیت به عرصه فیزیک و آشکار شدن ناتوانی‌های فیزیک کلاسیک در چند مورد، برداشت از جهان و پدیده‌های آن به‌کلی متحول شد. گذر از فیزیک نیوتنی (فیزیک قدیم) به فیزیک کوانتومی (فیزیک جدید)، تحول تئوریک و فلسفی را موجب گردید. در سایه این چرخش، مبانی تئوریک علوم مختلف نیز دگرگون گردید، و این نگاه متحولانه شامل حال سیبرنتیک نیز شده‌است.

بحث و نتیجه گیری: راه‌حل‌های معمول سنتی دیگر جواب‌گوی آشفتگی‌های موجود در دنیای کنونی نیست و به راه‌حل‌های جدیدی نیازمندیم تا بتوانیم پیچیدگی‌های موجود در این دنیا و عصر حاضر را کنترل نماییم. سیبرنتیک یکی از این راه‌حل‌هاست. تفاوت در نوع نگاه به مفهوم مشاهده و مشاهده‌گر است که باعث شکل‌گیری رویکردهای متفاوت و جهان‌بینی‌های مختلف در علوم و متعاقب آن سیبرنتیک شده است. تا جایی که نقطه عطف شکل‌گیری فیزیک جدید را می‌توان مداخله دادن مشاهده‌گر در رویداد دانست. جهانی که در آن مشاهده‌کننده جدای از آنچه مشاهده می‌کند نیست، بلکه قسمتی از همان پدیده است در حالی که در فیزیک کلاسیک تمام پدیده‌ها مستقل از مشاهده‌گر همچون ساعتی دقیق و قانون‌مدار با نظم

۱. دانشجوی دکترای علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد (نویسنده مسئول)، Ali.akbari@mail.um.ac.ir

۲. استاد گروه علم اطلاعات و دانش‌شناسی دانشگاه فردوسی مشهد، Mrdavarpanah@yahoo.com

و ترتیب خاص رخ می‌دهند. بنابراین می‌توان گفت بن‌مایه فکری نسل‌ها و اصول سیبرنتیک آمیزه‌ای از رویکردهای پوزیتویستی، ارگانیستی، جهان‌بینی سیستمی و فیزیک جدید است. بر این اساس رویکرد سیبرنتیکی در طی عمر کوتاه آن متکی بر دیدگاه‌های حاکم متحول شده است.

کلیدواژه‌ها: اصول سیبرنتیک؛ مراتب سیبرنتیک؛ مفاهیم سیبرنتیک؛ فیزیک قدیم؛ فیزیک جدید.

مقدمه

وظیفه هر علمی شناخت جهان بر پایه حقایق است و نقطه آغاز آن پذیرش همبستگی متقابل بین تمامی پدیده‌ها و هدف آن یافتن روابط موجود و توجیه آنها بر پایه عینیات است (لرنر، ۱۳۶۶: ۱۱). در قرن اخیر با کم‌رنگ‌تر شدن مرز بین علوم مختلف و کم شدن فاصله زمانی میان پژوهش علمی و کاربردهای عملی آن در زندگی بشر، دانش‌های میان‌رشته‌ای زیادی پا به عرصه وجود گذاشته‌اند. سیبرنتیک ازجمله علوم میان‌رشته‌ای است که به‌نوعی می‌توان آن را زاده جنگ نامید، چراکه مانند بسیاری از علوم ناب دیگر از دل شرایط سخت و آشوبناک جنگ جهانی دوم سر برآورد. این علم به‌دنبال توسعه مغزهای الکترونیکی و سازوکارهای کنترل خودکار برای تجهیزات نظامی (مانند دستگاه‌های هدف‌گیری بمب) در طول جنگ جهانی دوم مطرح شد و در جریان پژوهش درباره فنونی که اطلاعات توسط آنها کارکرد موردنظر را پیدا می‌کنند، رشد کرد (وردو[1]، ۱۳۸۵). هنگامی‌که مهار هواپیماهای ارتش آلمان برای ارتش متحدین دست‌نیافتنی بود، نیاز به دانشی فراتر از دانش روز برای مقابله با آنها به‌شدت دیده می‌شد. نوربرت وینر[2] ریاضیدان بزرگ آمریکایی از دل این نیاز جدی که می‌توانست در نتیجه جنگ به‌نوعی تأثیرگذار باشد سیبرنتیک را با یاری نظریه احتمال به دنیا معرفی کرد.

سیبرنتیک[3] در واقع علمی است که به نظام‌های ارتباطی و کنترل در موجودات زنده، ماشین‌ها و سازمان‌ها می‌پردازد. پس از پیدایش سیبرنتیک اکثر علوم به‌گونه‌ای آشکار یا تلویحی از اصول آن بهره‌مند شدند و در این راستا، هریک به فراخور حوزه خود و به‌زعم صاحب‌نظران آن علم، توصیفی متناسب از سیبرنتیک ارائه دادند. در این راستا، متخصصان علم اطلاع‌رسانی که نقشی کلیدی در چرخه حیات فزاینده اطلاعات دارند و دستمایه اساسی‌شان «اطلاعات» است، به‌منزله حلقه ارتباطی و تعیین‌کننده در اصول سازنده سیبرنتیک ایفای نقش کردند.

---

1. Verdu
2. Norbert Winer
3. این اصطلاح از واژه یونانی «Kybernetes» به معنی «سکان‌دار» یا «فرماندار» مشتق شده و برای نخستین بار در ۱۹۴۸ توسط نوربرت وینر ریاضی‌دان در نظریه مکانیسم‌های کنترل (Theory of Control Mechanisms) به‌کاربرده شد.

این جستار کوتاه، قابلیت پرداختن به کنه مفاهیم و اصول حاکم بر سیبرنتیک را ندارد اما سعی دارد تا حد توان کلیاتی از این علم را شناسایی کرده و اصول حاکم بر آن را بررسی نماید. با این هدف، تلاش نگارندگان بر این است تا با گذری بر مفاهیم و مراتب چهارگانه سیبرنتیک، به بررسی اصول حاکم بر این علم با توجه به دیدگاه فیزیک قدیم و جدید بپردازد.

مفاهیم سیبرنتیک

ناتوانی فیزیک کلاسیک در توصیف پدیده‌های پیچیده (موجودات زنده) و مسائل مربوط به پیچیدگی‌های سازمان از یک‌سو و از میان رفتن خط تمایز میان علوم مختلف و گسترش علوم بین‌رشته‌ای از سویی دیگر انگیزه‌های شکل‌گیری تفکر و جهان‌بینی سیستمی را در اوایل قرن بیستم شکل دادند. رویکرد سیبرنتیک به جهان عموماً رویکردی سیستماتیک است. اندیشه سیستمی در دامنه گستره‌ای از زمینه‌های گوناگون، از مؤسسات صنعتی و تسلیحاتی گرفته تا قلمرو اختصاصی علوم محض، نقشی عمده بازی می‌کند. در پهنه علوم و زندگی امروزی، مفهوم‌سازی‌های جدید، ایده‌ها و مقوله‌های جدید لازم‌اند و این‌ها، به هر طریق، پیرامون مفهوم «سیستم» متمرکز می‌شوند. روش[1] (۱۹۶۷) بر این باور بود که جهان سیبرنتیکی نه با مردم بلکه با سیستم‌ها کار دارد (نقل در برتالنفی، ۱۳۶۶).

سیستم‌های سیبرنتیکی از شش عنصر پایه‌ای تشکیل‌شده‌اند: ۱. کنترل شونده یا متغیری که باید کنترل شود؛ ۲. مشاهده‌گر یا حس‌گر که وظیفه مشاهده و دریافت اطلاعات از درون و بیرون سیستم را بر عهده دارد؛ ۳. حافظه که وظیفه ذخیره اطلاعات ضروری جهت تحقق پیوند در زمان‌های از هم جدا در سیستم را بر عهده دارد؛ ۴. مجرای ارتباطی که وظیفه انتقال اطلاعات بین اجزای سیستم را بر عهده دارد؛ ۵. پردازشگر که وظیفه مقایسه وضعیت سیستم باهدف مدنظر آن را بر عهده دارد تا بهترین تصمیمات را برای بهبود فرایند اتخاذ کند؛ و ۶. سیستم عملگر که وظیفه اجرای اصلاحات را دارد و به‌نوعی نقش اعمال کنترل در سیستم را بر عهده دارد (داورپناه، ۱۳۹۳؛ خاجی، ۱۳۸؟).

ویژگی خاص برخورد سیبرنتیکی در ماهیت نسبی دیدگاه آن است؛ یعنی، مجموعه یکسانی از عناصر گاهی اوقات به‌عنوان یک سیستم تلقی می‌شوند، درحالی‌که در موارد دیگر فقط به‌عنوان جزئی از یک سیستم، یا زیرسیستم در نظر گرفته می‌شوند. مشاهده و در نظر گرفتن تأثیر محیط وجه مشخصه برخورد سیبرنتیکی با بررسی پدیده‌هایی است که در سیستم‌های کنترل‌شده رخ می‌دهند (لرنر، ۱۳۶۶: ۴۲).

---

1. Rush

«اطلاعات» و «بازخورد» به همراه «مشاهده»، «ارتباط»، «کنترل»، «تعامل»، «هدف» و «کنش» از مفاهیم اصلی سیستم سیبرنتیکی هستند:

اطلاعات: امروزه این مفهوم کلاسیک که جهان از ماده و انرژی تشکیل‌شده است، جای خود را به این مفهوم داده است که جهان متشکل از سه جزء انرژی، ماده و اطلاعات است (لرنر، ۱۳۶۶: ۴۰). سیستم‌های سه‌جزئی که از انرژی، ماده و اطلاعات تشکیل‌شده‌اند به سیستم‌های مبتنی بر اطلاعات نیز معروف‌اند. مورن (۱۳۷۹) بر این عقیده است که اطلاعات از غیر اطلاعات پدید می‌آید. این بدان معناست که ۱. اطلاعات از فراگرد سازمانی نگانتروپیک و از میان کنش‌های رخدادی تصادفی زاییده می‌شود؛ و ۲. اطلاعات زمانی پدید می‌آید که مجموعه‌ای زاینده و از نوزاینده شکل بگیرد. از طرفی حداکثر آنتروپی، حداکثر نادانی است. به‌عبارت‌دیگر آنتروپی در برداشت بسیار رایج خود نه‌تنها بی‌نظمی یا نبود سازمان در یک نظام فیزیکی، بلکه کاهش اطلاعات مشاهده‌گر درباره موضوع مشاهده خود را نیز می‌سنجد (نشاط، ۱۳۸۵).

بازخورد: برای تنظیم مؤثر، باید مبادله اطلاعات بین تنظیم‌کننده و تنظیم شونده، دوطرفه باشد. به‌عبارتی باید ارتباط معکوس از تنظیم شونده به تنظیم‌کننده برقرار باشد. ارتباط معکوس، امکان تنظیم و هدایت دستگاه را آن‌سان که باید فراهم می‌کند، درحالی‌که بدون وجود آن دستگاه بر پایه پیش‌بینی قبلی و نه نیاز لحظه‌ای تنظیم می‌شود (سیبرنتیک و حافظه، ۱۳۵۴). بازخورد یک مدار ارتباطی است که چگونگی عملکرد سیستم را مشخص می‌سازد و انحرافات را تعیین می‌کند. سیستم با توجه به اطلاعاتی که از طریق مدار بازخورد دریافت می‌کند اصلاحات لازم را متناسب با شرایط زمان و مکان و اقتضای موقعیت در خود به‌وجود می‌آورد (زاهدی، ۱۳۹۰). بازخوردی که اثر درونداد بر برونداد عناصر یک سیستم را افزایش دهد مثبت، و بازخوردی که این اثر را کاهش دهد منفی می‌نامند (لرنر، ۱۳۶۶: ۱۵۳).

پیچیدگی و درجه کامل بودن سازوکارهای بازخورد را با ظرفیت پیام‌گردانی آنها می‌سنجند. سازوکار بازخورد را در چهار دسته طبقه‌بندی می‌کنند: ۱. محافظتی که ساده‌ترین نوع بازخورد است و انواع هشداردهنده‌ها از این نوع هستند؛ ۲. خودتنظیمی که مقادیر برونداد را با معیارها و استانداردهای داده‌شده می‌سنجد و بیشتر در سیستم‌های نیمه‌خودکار به‌کار می‌روند؛ ۳. استقرار حد مطلوب که مقادیر برونداد را با معیارهای داده‌شده سنجیده و انحرافات را جهت تصحیح به داخل سیستم بازمی‌گرداند. استفاده از کامپیوتر در چنین سازوکارهایی اجتناب‌ناپذیر است؛ ۴. خودتطبیقی که با کاوش پیگیر و دائمی

شرایط اطرافشان، ساختمان داخلی و شالوده خود را همگام و همزمان با محیط نگه می‌دارند. این نوع بازخورد در کارکردهای حیاتی انسان دیده می‌شود (میراهرنجانی، ۱۳۶۷).

مشاهده: مشاهده را فعالیت موجود زنده مانند انسان برای دریافت اطلاعات از جهان بیرون به‌وسیله حواس یا ثبت داده‌ها به‌وسیله ابزارهای علمی تعریف کرده‌اند. منبع هر نوع اطلاعات، مشاهده همراه باتجربه فعال است. ازاین‌رو، کنترل همواره به‌کاربرد مشاهدات و به‌کاربرد اطلاعات پیوسته است (لرنر، ۱۳۶۶: ۳۷).

ارتباط: سیستم‌های سیبرنتیکی برای اعمال کنترل به ارتباط نیاز دارند. هیچ بازخوردی وجود ندارد که ذاتاً ارتباطی نباشد؛ بنابراین، ارتباط برای اعمال کنترل و در نتیجه برای سیستم‌های سیبرنتیکی ضروری است. مدل نظریه اطلاعات شانون و ویور و مدل دستور زبان زایشی‌گشتاری چامسکی، که اختلال را می‌پذیرند، برای اطمینان از رخ دادن ارتباط به بازخورد نیاز دارند (داورپناه، ۱۳۹۳). به تعبیر پسک[1] (۱۹۷۵) فهم انتقال داده نمی‌شود بلکه با استفاده از تفسیر میان موجودیت‌ها فهم شکل‌گرفته و ارتباط رخ می‌دهد. این فهم به‌طرف مقابل گفت‌وگو بازخورد داده می‌شود که او نیز تفسیر کرده و با نیت اولیه‌اش مقایسه می‌کند. این تولید دوطرفه پیام، بازخورد را شکل می‌دهد و اجازه می‌دهد که خطاها شناسایی شوند و پیام‌های جدیدی ارائه شوند که این خطاها را اصلاح کنند. این یک مدل پیچیده است که به‌طور همزمان هم به‌عنوان ارتباط و هم به‌عنوان ارتباط درباره ارتباط عمل می‌کند (Glanville, 2004).

کنترل: سیبرنتیک، قلمرو خود را طراحی یا کشف و کاربرد اصول کنترل و ارتباط می‌داند. سیبرنتیک نه به چیزها بلکه به شیوه‌های رفتاری می‌پردازد. سیبرنتیک نمی‌پرسد «این چیست؟» بلکه می‌پرسد «چه می‌کند؟» و «چطور می‌تواند این کار را بکند؟» (آزاد، ۱۳۸۶: ۲۱۰). سیستم‌های کنترل یک نوع خاص از سیستم‌های چند سطحی هستند که یک موقعیت باثبات را به‌وسیله اختلال‌های انتخابی حفظ می‌کنند (Campbell, 1974). چهار نوع اساسی کنترل در سیستم‌های کنترل عبارت‌اند از: ۱. پایدارسازی جهت حفظ برخی مقادیر مفروض صرف‌نظر از اغتشاشاتی که بر این مقادیر اثر می‌کنند؛ مانند ثابت نگاه داشته شدن دمای بدن در محدوده مشخص توسط سیستم بدن انسان؛ ۲. اجرای یک برنامه که مقادیر مفروض کمیت‌های کنترل با توجه به زمان به نحو از قبل مشخص‌شده‌ای تغییر می‌کنند؛ مانند کنترل مکان یک تلسکوپ برای هماهنگی با حرکت زمین؛ ۳. ردیابی کردن برای کنترل مقادیری که میزان تغییر آن غیرقابل پیش‌بینی است؛ مانند آنتن رادار یک ضد هوایی که حرکات یک هواپیما را باید دنبال کند؛ و ۴.

1. Pask

بهینه‌سازی که کنترل برای ایجاد بهترین شرایط را بر عهده دارد؛ مانند کنترل یک نظام اقتصادی برای بیشینه ساختن سود (لرنر، ۱۳۶۶: ۱۴۸).

تعامل: تعامل با عملی دوسویه سروکار دارد، و در عرصه نگاه ارگانیسمی قرار می‌گیرد. تعامل یک ارتباط دوسویه است که درنهایت به هماهنگی و همکاری می‌رسد و از رهگذر آنها یکپارچگی شکل می‌گیرد (داورپناه، ۱۳۹۳). ریچارد بوچانان[1] تعامل را چارچوب خاص ارتباط بین مردم و اشیایی می‌داند که برای آنها طراحی می‌شوند. پس تعامل، راه و روش شکل‌دهی به‌کار و فعالیت طراحی است. تمام اشیای ساخت دست بشر، احتمال تعامل را فراهم می‌کنند و تمامی فعالیت‌های طراحی و ساخت می‌توانند به‌عنوان طراحی تعامل دیده شوند. این امر نه‌تنها برای اشیاء که برای فضاها، پیام‌ها و سیستم‌ها نیز صادق است. تعامل جنبه اساسی کارکرد و کارکرد نیز وجه اساسی طراحی است (Dubberly, Pangaro & Haque, 2009).

هدف: سیبرنتیک، دانشی است که از هدایت دستگاه‌ها و نظام‌های مختلف گفتگو می‌کند، یعنی فرآیندهای دریافت، نگهداری، تصحیح و انتقال اطلاعات را موردمطالعه قرار می‌دهد. در این دانش، از روش‌های ریاضی، آنالیز آماری، آنالیز منطقی، مشاهده، و قالب‌ریزی سیبرنتیکی استفاده می‌شود. هدف سیبرنتیک، یافتن بهترین راه و مؤثرترین شیوه تنظیم دستگاه‌های پیچیده است (سیبرنتیک و حافظه، ۱۳۵۴). سیستم‌ها یک حالت مطلوب دارند و عمل «کنترل» آنها را به‌سوی آن حالت می‌برد. به حالت مطلوب رسیدن یا باقی ماندن در حالت مطلوب، ممکن است هدفی را در برگیرد و مقصود چنین سیستمی حفظ حالت مطلوب است. به‌دست آوردن یا نگه‌داشتن هدف، همیشه یک موفقیت موقتی است زیرا هر اختلالی ممکن است سیستم را از حالت هدف دور کند؛ بنابراین می‌توانیم از پایداری سیستم در تعقیب حالت هدف و نیز پایداری سیستم در نگهداری حالت هدف صحبت کنیم (Glanville, 2004).

کنش: کنش از نقطه‌نظر علوم مختلف به‌صورت متفاوت تعریف‌شده است. زبان‌شناسان کنش را گفتار معرفی کرده‌اند، روان‌شناسان بیشتر بر جنبه‌های ارادی و غیرارادی آن تأکید داشته‌اند، فیزیکدانان آن را یک کمیت فیزیکی با بعد انرژی ضرب در زمان معرفی کرده‌اند، فلاسفه آن را فرایندی علی ارادی کم‌وبیش پیچیده دانسته‌اند، و جامعه‌شناسان بیشتر بر ابعاد عینی کنش انسان توجه نشان داده‌اند. در اینجا ما کنش را هر حرکت یا تغییری می‌دانیم که اثرپذیر یا اثرگذار بر فرایند سیستم باشد (داورپناه، ۱۳۹۳). حرکت یک سیستم تحت تأثیر عوامل بیرونی و فرایندهای درونی خود سیستم است. سیگنال‌های درونداد

1. Richard Buchanan

تشکیل‌شده از سیگنال‌های کنترل یا کمیت‌هایی که به‌گونه‌ای تغییر داده می‌شوند تا به‌وسیله آن سیستم کنترل شود و اغتشاشات اثرات ناخواسته مهم دیگر را شامل می‌شوند که می‌توانند درونی یا بیرونی باشند. کنش‌های درونداد در انسان یا حیوان به‌وسیله اندام‌های حسی درک می‌شوند و مقادیر برونداد حرکات اندام‌های انسان یا حیوان است. معمولاً تغییر در درونداد باعث تغییر در برونداد خواهد شد، اما این تغییر همیشه آنی نیست. بروندادها را می‌توان پیامد دروندادها دانست و دروندادها را علت بروندادها (لرنر، ۱۳۶۶: ۱۴۸).

سیر تحول رویکردها در جهان سیبرنتیک

درجات یا مراتب در واقع رویکردهای مختلف شکل‌گرفته در جهان سیبرنتیک هستند. سیبرنتیک در طول زمان برپایه تفکرهای مسلط زمانه خودش، رویکردهای مختلفی را تجربه کرده است.

سیبرنتیک مرتبه اول (کلاسیک): این مرتبه به رابطه بین خروجی و ورودی و بازخورد در سیستم‌ها توجه دارد. در این دیدگاه که متکی بر تفکرات وینر است، هریک از عناصر نامبرده به‌تنهایی مورد توجه می‌باشند و می‌توان آن را مشاهده سیستم‌های مورداشاره دانست (Scoot, 2004; Heylighen and Joslyn, 2001). در این مرتبه بازخورد منفی به‌عنوان بخشی از فرایند کنترل عمل می‌کند تا تعادل در سیستم پابرجا بماند. این رویکرد برگرفته از تفکرات پوزیتویستی است، که باور دارد ما در یک جهان کاملاً قانون‌مدار و با نظم و ترتیب به‌سر می‌بریم، جهانی که در آن هیچ پدیده‌ای بدون علت اتفاق نمی‌افتد. این دیدگاه جهان را به یک ماشین عظیم تشبیه می‌کند که کار آن بر پایه نظم و اصول خاصی است. برپایه همین رویکرد لاپلاس ریاضی‌دان مشهور فرانسوی چنین اظهار کرد که «اگر وضعیت فعلی جهان را بدانیم، وضعیت آینده و گذشته آن را نیز خواهیم توانست محاسبه کنیم». محاسبات لاپلاس موجب شد که نظریه «جهان محاسبه‌پذیر» وارد علم و فلسفه گردد که اعتقاد داشت تمام پدیده‌ها جهان قابل پیش‌بینی هستند (ناصری، ۱۳۸۳).

سیبرنتیک مرتبه دوم (سیبرنتیک سیبرنتیک): مرتبه دوم سیبرنتیک به ماهیت و کارکرد خود بازخورد توجه و تأکید دارد و در این رابطه مشاهده‌گری را که بازخورد را زیر نظر دارد جزئی از کل سیستم به‌حساب می‌آورد؛ بنابراین، سیبرنتیک مرتبه دوم نگاهش به درون سیستم است و در آن خود بازخورد مورد توجه قرار می‌گیرد و در این رابطه نقش فردی که ناظر بر این فرایند است به‌عنوان بخشی از سیستم جلوه‌گر می‌شود (Scoot, 2004). هاینز فون فورستر[1] عقیده دارد که منشأ سیبرنتیک مرتبه دوم تلاش‌های

1. Heinz von Foerster

دانشمندان سیبرنتیک کلاسیک است که در پی ترسیم مدلی از مغز انسان بودند. فردی که وارد حوزه سیبرنتیک می‌شود، ابتدا باید توجیه‌گر فعالیت‌های خودش باشد، از این دیدگاه است که می‌گویند سیبرنتیک تبدیل می‌شود به سیبرنتیک سیبرنتیک (Heylighen and Joslyn, 2001).

تمایز میان سیبرنتیک مرتبه اول و مرتبه دوم را می‌توان ناشی از تغییر نگرش نسبت به مشاهده‌گر دانست؛ در سیبرنتیک مرتبه دوم، مشاهده‌گر هم درون سیستم و هم متأثر از آن است. باید بگویم که مرز چیزی که دارد مشاهده می‌شود دیگر همانند سیبرنتیک مرتبه اول نیست. درجایی‌که در سیبرنتیک مرتبه اول مرزی حتمی و قطعی میان مشاهده‌گر و سیستم و هدف وجود داشت، در سیبرنتیک مرتبه دوم این مرز وجود ندارد. این به آن معنی است که تمایز هدف و سیستم از مشاهده‌گر و نیز انگاره ضروری تعیین هدف توسط مشاهده‌گر که قبلاً وجود داشتند از بین رفتند (Glanville, 2004). اگر در تئوری نیوتن و فیزیک کلاسیک (سیبرنتیک مرتبه اول) جهان به ساعتی تشبیه می‌شود که کارش مستقل از حضور ناظر است، در تئوری کوانتوم و فیزیک جدید (سیبرنتیک مرتبه دوم) ناظر قسمتی از جهان و فرایندهای آن را تشکیل می‌دهد.

سیبرنتیک مرتبه سوم: در این دیدگاه، عملکرد هر جزء از یک سیستم در رابطه باکلیت آن سیستم مورد توجه قرار می‌گیرد. به این معنی‌که هر بخش و هر عنصر از سیستم بدون توجه به سایر بخش‌ها و عناصر نمی‌تواند مورد توجه قرار بگیرد. چیزی که در این دیدگاه مطرح است یکپارچگی[1] سیستم است. در سیبرنتیک مرتبه سوم تغییرات هر جزء باعث تغییر همزمان در سایر اجزاء نیز می‌شود. به‌عبارت روشن‌تر آنچه مدنظر است، عمل و تعامل اجزاء درون سیستم است. در این دیدگاه، ناظر و مشاهده‌گر، به‌عنوان جزئی از کل سیستم همراه با تغییرات و تحولات سیستم تغییر و تحول پیدا می‌کند. به‌عنوان‌مثال، در یک ارکستر، هریک از نوازندگان ضمن اینکه صدای سازهای دیگر را می‌شنوند، به صدای ساز خودش نیز توجه دارد. مجموعه صداهایی که از ارکستر شنیده می‌شود طوری هماهنگ است که گویی یک ساز و نوای واحد نواخته می‌شود[2].

سیبرنتیک مرتبه چهارم: این دیدگاه به آنچه در بازتعریف سیستم رخ می‌دهد توجه دارد. توجه و تمرکز آن بر ادغام و جامعیت یک سیستم در درون بافت و محیط خودش است. این امری است که از نظر تئوری ممکن است، اما هم در عمل بسیار دشوار دیده می‌شود و هم اینکه درک و فهم آن بسیار سخت است. سیبرنتیک مرتبه چهارم خصوصیات پیچیده تازه‌ای را که درنتیجه تحولات و تغییرات سیستم به‌وجود

1. integrity
2. http://www.attainable-utopias.com/tiki/ThirdOrderCybernetics

می‌آیند مورد توجه قرار می‌دهد[1]. سیبرنتیک مرتبه چهارم بیانگر این است که یک سیستم در محیط خودش غرق می‌شود. همچنین، برخی از دانشمندان این علم مانند زنگنه و هیدون[2] (۲۰۰۴) عقیده دارند که سیبرنتیک مرتبه چهارم به‌طور مداوم روابط در حال تغییر هر عامل را با ساختار سیستم زیر نظر دارد. به‌عنوان‌مثال، ارکستری را در نظر بگیریم که می‌خواهد به درخواست تمام تماشاچیان خود پاسخگو باشد و همزمان براساس درخواست‌های متنوع و متفاوت آنها اجرا نماید. آیا چنین چیزی ممکن است؟ بدیهی است که در عمل پاسخ منفی است.

جدول ۱. خلاصه مراتب سیبرنتیک

	پایه‌گذار	تأکید و توجه
سیبرنتیک مرتبه یک	وینر	به رابطه بین خروجی و ورودی و بازخورد در سیستم‌ها توجه دارد. مشاهده‌گر بیرون از سیستم قرار دارد.
سیبرنتیک مرتبه دوم	بیتسون	به ماهیت و کارکرد خود بازخورد توجه و تأکید دارد و در این رابطه مشاهده‌گری را که بازخورد را زیر نظر دارد جزئی از کل سیستم به‌حساب می‌آورد.
سیبرنتیک مرتبه سوم	--	عملکرد هر جزء از یک سیستم در رابطه باکلیت آن سیستم مورد توجه قرار می‌گیرد. تأکید بر روی یکپارچگی و عمل و تعامل اجزاء درون سیستم است.
سیبرنتیک مرتبه چهارم	--	توجه و تمرکز آن بر ادغام و جامعیت یک سیستم در درون بافت و محیط خودش است.

اصول سیبرنتیک بر پایه دیدگاه‌های حاکم

اصول و قوانین، نقش بیان اساسی‌ترین ایده‌ها در یک علم و نیز ایجاد چارچوب و روش‌شناسی برای حل مسائل آن علم را بازی می‌کنند. حوزه سیبرنتیک به‌طور ویژه به چنین اصولی نیاز دارند، چراکه این حوزه ادعا دارد که تفکر را به‌طورکلی و نه‌فقط در یک‌رشته علمی خاص راهنمایی می‌کند (Heylighen, 1992). هیچ علمی بدون اصل شکل نمی‌گیرد. اصول همچون پایه‌های علم هستند که چارچوب کلی یک علم را تشکیل می‌دهند. این اصول غالباً تغییرناپذیرند و مهم‌ترین گام در فهم هر رشته‌ای آشنایی با اصول آن رشته است (داورپناه، ۱۳۹۳). نظریه‌پردازان سیبرنتیک همانند وینر، بئر، اشبی و ... اصول مختلفی را برای سیبرنتیک مطرح کرده‌اند؛ اما بررسی متون نشان می‌دهد که این اصول عموماً در

1. http://www.attainable-utopias.com/tiki/FourthOrderCybernetics
2. Zangeneh and Haydon

قالب دو گروه دسته‌بندی شده‌اند. در دسته اول هی‌لیگن (۱۹۹۲) بر پایه مطالعات پیشین، اصول و قوانین سیبرنتیک را به‌صورت زیر برشمرده است:

۱. اصل بقاء انتخابی:[1] در یک سیستم حالت‌های پایدار حفظ‌شده و آنهایی که ناپایدارند حذف یا تبدیل به حالت‌های پایدار می‌شوند. این اصل از نوع این‌همانی[2] است بدین تعبیر که ثبات آن چیزی است که تغییر نمی‌کند یا ناپدید نمی‌شود و بی‌ثباتی آن چیزی است که تمایل به محو یا جایگزینی توسط حالت‌های دیگر دارد. بدون ثبات و بی‌ثباتی نمی‌توانیم تکامل را توصیف کنیم. این اصل حرکت الکترون‌ها در مدل اتمی بور[3] را نشان می‌دهد که الکترون‌ها گرایش به حرکت به سمت مدارهای داخلی‌تر و البته باثبات‌تر دارند.

در زیست‌شناسی گفته می‌شود حالت‌هایی که دارای شایستگی بیشتری هستند نسبت به حالت‌هایی که شایستگی کمتری دارند، دارای مزیت انتخابی[4] هستند. این واقعیت که رشد به منابع نیاز دارد به این معنی است که رشد سرانجام متوقف می‌شود (به این دلیل که منابع محدود هستند)، و دو موقعیت که از منابع همسان استفاده می‌کنند، برای استفاده از آن منابع با یکدیگر رقابت می‌کنند. به‌طورمعمول موقعیت برتر، بیشتر از منابع استفاده خواهد کرد، به‌طوری‌که برای موقعیت دیگر هیچ منبعی باقی نخواهد ماند. چنین تعمیمی از اصل بقاء انتخابی ممکن است اصل انتخاب طبیعی[5] نامیده شود.

۲. اصل رشد خودمجاورتی:[6] حالت‌های پایداری که پیدایش حالت‌های شبیه به خودشان را تسهیل می‌کنند، بسیار فراوان می‌شوند. این اصل بدیهی تکمیل‌کننده اصل بقاء انتخابی است. درحالی‌که اصل بقاء انتخابی بیانگر جنبه محافظه‌کارانه تکامل است، اصل رشد خودمجاورتی جنبه مترقی رشد و توسعه را بیان می‌کند. رشد خودمجاورتی حرکت مورچه‌ها را توصیف می‌کند. ابتدا مورچه‌های پیشاهنگ به شیوه تصادفی در اطراف کلونی خود به‌دنبال غذا می‌گردند و چنانچه یکی از آنها منبع غذایی را پیدا کرد، قطعه کوچکی از آن را با خود به آشیانه می‌آورد و ردی از مواد بویایی (فرمون) برجای می‌گذارد. مورچه‌های دیگر وقتی این مسیر را می‌یابند، پرسه زدن را رها کرده و آن را دنبال می‌کنند. هرکدام از مورچه‌های دیگر مجدد همراه با حمل غذا مقداری فرمون از خود برجای می‌گذارد. به علت تعداد نسبتاً زیاد مورچه‌ها

1. The Principle of Selective Retention
2. Tautological
۳. مدل اتمی بور، نشان‌دهنده حالت‌های الکترون هنگامی‌که به یک مدار پایین‌تر می‌افتد یک فوتون تابش می‌کند که با اختلاف انرژی بین مدارها یکسان است.
4. Selective advantage
5. Natural selection
6. The Principle of Autocatalytic Growth

آنها از مسیرهای مختلفی به سمت غذا رهسپار می‌شوند از آنجاکه مورچه‌ها در زمان طولانی راه‌های کوتاه‌تر را بیش‌تر می‌پیماید و تقویت می‌کنند هر راهی بین خانه و غذا که کوتاه‌تر (بهتر) باشد بیشتر تقویت می‌شود و آنکه دورتر است کمتر و پس از گذشت زمان بهینه‌ترین مسیر که دارای بیشترین تردد است انتخاب‌شده و راه‌های دیگر جذابیت خود را از دست می‌دهند.

۳. اصل انتقال نامتقارن: آنتروپی و انرژی: [1] انتقال از حالت ناپایدار به یک حالت پایدار امکان‌پذیر است، اما احتمال عکس این قضیه بسیار کم است. مشابه این اصل توسط اشبی در اصول سیستم خود سازمانده ارائه‌شده است. در آنجا اشبی می‌گوید که سیستم‌ها به‌طورکلی به‌سوی تعادل درحرکت‌اند. سیستم از حالت‌های متعددی که دارای عدم تعادل هستند به‌سوی حالت‌های اندکی که دارای حالت تعادل می‌باشند حرکت می‌کند. در این روش سیستم عمل انتخاب را انجام داده و با کاهش تعداد حالت‌های قابل‌دسترس و تنوع سیستم، در اصل آنتروپی آماری کاهش می‌یابد؛ و این افزایش در نگانتروپی یا سازماندهی است که اشبی این فرایند را خودسازماندهی می‌نامد؛ اما باید این اصل را یادآوری کنیم که یک سیستم خودسازمانده نمی‌تواند بسته باشد، و باید آنتروپی را به محیطش بدهد، وگرنه با قانون دوم ترمودینامیک ناسازگار خواهد بود.

مجدد به مثال الکترونی که در یک اتم محدود شده است بازمی‌گردیم، در آنجا الکترون به‌صورت خودبه‌خود از سطح بالاتر به سطح پایین‌تر سقوط می‌کرد، و با حرکت خود یک فوتون انرژی را آزاد می‌کرد. به‌منظور بازگرداندن الکترون به سطح بالاتر، انرژی کافی باید از مسیر صحیح به الکترون افزوده شود، که این یک رویداد غیرمحتمل و بعید است. درنتیجه، سطح پایین را به‌عنوان موقعیت باثباتی که احتمال انتقال آن اندک است می‌توان در نظر گرفت. پیوند پایایی انرژی و انتقال نامتقارن نشان می‌دهد که موقعیت‌ها به‌منظور حرکت به‌سوی یک حالت پایدارتر، به از دست دادن انرژی تمایل دارند.

۴. اصل تنوع کور یا تغییر بدون بصیرت: [2] فرایندهای تغییر در بنیادی‌ترین سطح نمی‌دانند که کدام‌یک از انواع متفاوتی که آنها تولید می‌کنند، انتخاب خواهد شد. کوری تنوع یا بی‌بصیرت بودن تغییر در تکامل زیست‌شناختی بر پایه جهش‌ها و بازترکیب‌های تصادفی بدیهی است. بااین‌وجود حتی سیستم‌های پویای کاملاً قطعی را می‌تواند کور نامید، به این معنا که اگر سیستم به‌اندازه کافی پیچیده باشد، غیرممکن است که پیش‌بینی کنیم از میان حالت‌های مختلف یک حالت پایدار را انتخاب کند. البته بسیاری از تعامل‌ها کور نیستند. اگر شروع به حل مسئله‌ای علمی کنیم به‌طورمعمول عملیات حل مسئله را به‌صورت تصادفی

1. The Principle of Asymmetric Transitions: entropy and energy
2. The Principle of Blind Variation

انتخاب نخواهیم کرد، این دانش خود نتیجه آزمون و خطاهای قبلی است، جایی که تجربه موفقیت و شکست‌های دیگران در حافظه ما موجود است، و برای راهنمایی فعالیت‌های بعدی از آن استفاده می‌کنیم. به‌طور مشابه، تمام دانش را می‌توان در یک مرحله قبل‌تر به‌دستاوردهای استقرایی بر پایه تنوع کور و بقاء انتخابی تقلیل داد. اصل رشد خودمجاورتی تضمین می‌کند که موقعیت‌هایی که به‌وسیله تنوع کور انتخاب شده‌اند می‌توانند انتقال به بقاء انتخابی را به‌وجود آورند، برخلاف موقعیت‌های مکانیک کلاسیک که ناپایدار باقی می‌مانند.

۵. اصل تنوع انتخابی: [1] هر چه حالت‌هایی یک سیستم متنوع‌تر باشد، احتمال اینکه حداقل یکی از این حالت‌ها بتواند به‌طور انتخابی حفظ شود نیز بیشتر خواهد بود. گرچه این اصل بدیهی و این‌همانی است، اما منجر به شماری از نتایج مفید و بدیهی می‌شود. از طرفی هر چه شمار حالت‌های پایدار بالقوه کمتر باشد، سیستم به‌منظور حفظ شانس خود برای بقاء باید به تغییر بیشتری تن دهد. یک مثال کلاسیک برای این اصل خطر تک‌کشتی [2] گیاهان مشابه ازنظر ژنتیکی است که یک بیماری یا حمله انگلی می‌تواند به‌تنهایی همه محصولات را از بین ببرد؛ اما اگر تنوع وجود داشته باشد، همیشه محصولاتی که از تهاجم جان سالم به دربرند وجود خواهند داشت.

مورد مشابه اصل نظم از اختلال [3] فون فورستر است که به نظم به‌واسطه آشوب مربوط می‌شود. اختلال یا آشوب می‌تواند به‌عنوان تغییر سریع و کور تفسیر شود. این اصل بیان می‌کند که افزایش اختلال احتمال تکامل سیستم به یک حالت پایدار را بیشتر می‌کند.

۶. اصل ساختار تکراری سیستم‌ها: [4] فرایندهای تنوع کور و بقاء انتخابی باعث ایجاد سیستم‌های پایدارتر از طریق بازترکیب‌های مختلفی از عناصر سیستم‌های پایدار خواهند شد. حالت‌های پایدار می‌توانند به‌عنوان عناصر اولیه در نظر گرفته شوند. از تمام ترکیبات مختلف عناصر، برخی باثبات‌تر خواهند بود، و درنتیجه این ترکیبات به‌صورت انتخابی حفظ خواهند شد.

یک سیستم پایدار می‌تواند دوباره به‌عنوان عناصر مجزا عمل کند، و با یک روش تکراری، به‌منظور ساخت یک سیستم سطح بالاتر (دارای نظم بیشتر) با دیگر عناصر بازترکیب شود و سیستم پیچیده‌تر و منظم‌تر را بسازد. سیمون در سال ۱۹۶۲ در اثر معروف خود «معماری پیچیدگی» استدلال می‌کند که هرچه یک دستگاه خاص بزرگ‌تر باشد، احتمال کمتری دارد که از طریق تنوع کور به‌وجود

---

1. The Principle of Selective Variety

۲. کشت فقط یک محصول و به‌کار نبردن زمین برای محصولات دیگر

3. Order from Noise
4. The Principle of Recursive Systems Construction

آید؛ اما دو توضیح باید به بحث سیمون اضافه شود: ۱. اگر رشد خودمجاورتی مورد توجه قرار گیرد، تعداد عناصر مجزا در یک سطح معین می‌تواند نامحدود باشد؛ ۲. هرچند احتمالش کم است اما ممکن است که یک عنصر مجزای معین در چندین دستگاه پایدار که باهم اشتراک دارند، شرکت کند. این روشن است که هر چه معیارهای انتخاب بیشتر باشد احتمال انتخاب یک حالت خاص توسط تنوع کور کمتر خواهد بود. این دو نکته ما را راهنمایی می‌کند تا ساختار درختی معماری سیمون را به یک سلسله‌مراتب پایه یا شبه سلسله‌مراتب تعمیم دهیم.

با توجه به اهمیت کنترل در سیستم‌های سیبرنتیکی هی‌لیگن دو قانون و یک اصل از اصول سیبرنتیکی خود را در ذیل مبحث کنترل قرار داده است. این دو قانون و یک اصل عبارت‌اند از قانون تنوع ضروری، قانون دانش ضروری، و اصل دانش ناقص که در ادامه برای هرکدام توضیحاتی آماده است.

۱. قانون تنوع ضروری یا تنوع موردنیاز:[1] هر چه تنوع کنش‌های موجود در یک سیستم کنترل بیشتر باشد، سیستم کنترل بیشتر قادر به جبران اختلالات خواهد بود. این یکی دیگر از کاربردهای اصل تنوع انتخابی است که در بالا توضیح داده شده است. اشبی در اصول خود بیان می‌کند که «به‌منظور حفظ ثبات، تنوع در سیستم کنترل باید برابر یا بیش از تنوع اختلال‌ها باشد».

۲. قانون دانش ضروری یا دانش موردنیاز:[2] به‌منظور جبران اختلال‌ها سیستم کنترل باید «بداند» که کدام کنش را از میان کنش‌های متنوع موجود انتخاب کند. این اصل به ما یادآوری می‌کند که تنوع کنش‌ها برای کنترل مؤثر کافی نیست، بلکه سیستم باید قادر به انتخاب کنش‌های مناسب باشد. بدون دانش، سیستم باید یک کنش را کورکورانه و به‌صورت امتحانی انتخاب کند، و هرچه تنوع آشفتگی‌ها بیشتر باشد، احتمال اینکه کنش قابل‌قبول انتخاب شود کمتر است. به تنش بین این قانون و قانون قبلی توجه کنید: هرچه تنوع بیشتر باشد، انتخاب سخت‌تر می‌شود، و درنتیجه، دانش موردنیاز، پیچیده‌تر می‌گردد. دانستن به این معنی است که انتخاب‌گر درونی باید یک مدل یا بازنمودی از اختلال‌های بالقوه بیرونی داشته باشد. اشبی و کونانت بیان می‌کنند که «هر تنظیم‌کننده خوب در یک سیستم باید مدلی از آن سیستم باشد»؛ بنابراین اصل حاضر می‌تواند به‌عنوان قانون مدل‌های تنظیم‌کننده نیز نامیده شود.

۳. اصل دانش ناقص:[3] مدل گنجانده‌شده در یک سیستم کنترل لزوماً ناقص است. این اصل از دل تعدادی اصول دیگر بیرون می‌آید. اصل عدم قطعیت هایزنبرگ: اطلاعاتی که یک سیستم کنترل می‌تواند

1. The Law of Requisite Variety
2. The Law of Requisite Knowledge
3. The Principle of Incomplete Knowledge

به‌دست آورد، لزوماً ناقص است؛ اصل نسبی محدودیت سرعت نور: لحظه‌ای که اطلاعات می‌رسد، آن اطلاعات تا حدودی زیادی غیرمتداول یا کهنه شده‌اند؛ اصل عقلانیت محدود: یک تصمیم‌گیرنده در دنیای واقعی هرگز همه اطلاعات لازم برای تصمیم بهینه را نخواهد داشت؛ اصل جانب‌داری از خود مرجعی[1] که تعمیمی از قانون ناقص گودل[2] است: یک سیستم نمی‌تواند خود را به‌طور کامل ارائه دهد و ازاین‌رو نمی‌تواند دانش کاملی داشته باشد درباره اینکه چگونه کنش‌های خودش ممکن است به‌صورت اختلال‌ها به خودش بازخورد داده شوند. درنهایت، مدل‌ها به‌وسیله فرآیندهای تنوع کور ساخته می‌شوند، و ازاین‌رو، نمی‌توان انتظار داشت تا به بازنمود کاملی از یک محیط بی‌نهایت پیچیده دست یابند. در پایان در جدول ۲ خلاصه‌ای از اصول سیبرنتیک از نگاه هی‌لیگن به همراه مثال‌های برای درک بیشتر ارائه‌شده است.

جدول ۲. دسته اول اصول سیبرنتیک

	اصول	**تعریف اجمالی**	**مثال**
	بقاء انتخابی	در یک سیستم حالت‌های پایدار حفظ و حالت‌های ناپایدار حذف یا تبدیل به حالت‌های پایدار می‌شوند.	مسیرهای طولانی‌تر حرکت مورچه‌ها حذف و مسیرهای کوتاه‌تر حفظ می‌شوند.
	خودمجاورتی	حالت‌های پایداری که پیدایش حالت‌های شبیه به خودشان را تسهیل می‌کنند، بسیار فراوان می‌شوند.	با گذشت زمان مورچه‌های بیشتری از مسیرهای کوتاه‌تر حرکت می‌کنند.
	انتقال نامتقارن	انتقال از حالت ناپایدار به حالت پایدار امکان‌پذیر است، اما احتمال عکس این قضیه بسیار کم است.	مورچه‌ها با گذشت زمان از مسیرهای طولانی‌تر به مسیرهای کوتاه‌تر می‌آید.
	تنوع کور	فرایندهای تغییر در بنیادی‌ترین سطح نمی‌دانند که کدام‌یک از انواع متفاوت آنها انتخاب خواهد شد.	حرکت مورچه‌های پیشاهنگ در جستجوی غذا به‌صورت تنوع کور است.
	تنوع انتخابی	هر چه حالت‌هایی یک سیستم متنوع‌تر باشد، احتمال حفظ حداقل یکی از حالت‌ها بیشتر خواهد بود.	هر چه مسیرهای طی شده توسط مورچه‌های پیشاهنگ بیشتر، احتمال یافت مسیر کوتاه‌تر بیشتر است.
	ساختارهای تکراری	بازترکیب‌های مختلفی از عناصر باعث ایجاد سیستم‌های پایدارتر خواهند شد.	در ابتدای یافت غذا مورچه‌ها از مسیرهای مختلفی به سمت غذا رهسپار می‌شوند.
کنترل	تنوع ضروری	هر چه تنوع کنش‌های موجود در سیستم کنترل بیشتر، سیستم کنترل بیشتر قادر به جبران اختلالات خواهد بود.	---
کنترل	دانش ضروری	به‌منظور جبران اختلال‌ها سیستم کنترل باید «بداند» که کدام کنش را از میان کنش‌های موجود انتخاب کند.	---
کنترل	دانش ناقص	مدل گنجانده‌شده در یک سیستم کنترل لزوماً ناقص است.	---

1. principle of the partiality of self-reference
2. Gödel's incompleteness theorem

در گروه دوم، جوزلین[1] (۱۹۹۲) اصول سیبرنتیک را به‌صورت زیر دسته‌بندی کرده است:

۱. اصل پیچیدگی:[2] ساختار سیستم‌های سیبرنتیکی در بنیان پیچیده است. این پیچیدگی حاصل تأملات بین اجزاء درونی سیستم و تعامل با محیط است که با عناصر متعامل و نامتجانس به‌وجود آمده‌اند. این سیستم‌ها نمی‌توانند بسته یا ایزوله باشند و به‌طور مستمر با محیط خود در ارتباط‌اند.

مورن در کتاب «درآمدی بر اندیشه پیچیده» پیچیدگی را اینگونه تعریف می‌کند: پیچیدگی در وهله اول یک بافت است. بافتی با اجزائی ناهمگن که به‌گونه‌ای جدایی‌ناپذیر گردآمده‌اند. سپس پیچیدگی درواقع بافت رویدادها، کنش‌ها، برهم‌کنش‌ها، واکنش‌ها، قطعیت‌ها و اتفاق‌هایی است که جهان پدیداری‌مان را می‌سازند (مورن، ۱۳۷۹). مطابق با نگرش کیفی به مقوله پیچیدگی، می‌توان پارادایم پیچیدگی را مبتنی بر سه اصل دانست: ۱. اصل همبستگی پیچیده عنصرها: نظم و بی‌نظمی دشمن یکدیگرند، یکی دیگری را حذف می‌کند، اما در همان حال در برخی موردها، این دو با یکدیگر همکاری می‌کنند و سازمان و پیچیدگی را به‌وجود می‌آورند؛ ۲. اصل بازگشت سازمانی: اندیشه بازگشتی، اندیشه‌ای است متضاد با اندیشه خطی. اصل بازگشت سازمانی را نویسندگان دیگر به اصل «غیرخطی بودن جهان» هم تعبیر کرده‌اند؛ ۳. اصول هولوگرام: مطابق با این اصل نه‌تنها جزء در کل است بلکه کل هم در جزء است. اصل هولوگرام در جهان زیست‌شناختی و جامعه‌شناختی نیز هست. در جهان زیست‌شناختی، هر سلول ارگانیسم ما حاوی کلیت اطلاعات ژنتیکی این ارگانیسم است.

۲. اصل دوسویگی:[3] اجزاء سیستم‌های سیبرنتیکی با یکدیگر در تعامل‌اند. این تعامل هم در اجزاء و هم در زیرسیستم‌هایشان وجود دارد. اجزاء سیستم‌های سیبرنتیکی در عین استقلال از هم به یکدیگر وابسته‌اند و در عین واگرایی، همگرا هستند. اصل دوسویگی تأثیر و تأثر اجزاء در تعامل باهم را نشان می‌دهد. تا این اصل نباشد مفهومی همچون بازخورد معنادار نخواهد بود.

۳. اصل مکملیت:[4] سیستم‌ها و زیرسیستم‌هایی که سازنده یک سیستم کامل هستند، به‌تنهایی کامل نیستند اما در کل، باعث ایجاد یک سیستم کامل و چندوجهی می‌شوند. این اصل باعث پیچیدگی سیستم نهایی می‌شود. پاسکال این اندیشه را چنین بیان می‌کند که من نمی‌توانم کل را بدون درک اجزاء درک کنم و نمی‌توانم اجزاء را بدون درک کل درک کنم.

1. Joslyn
2. Complexity
3. Mutuality
4. Complementarity

۴. اصل تکامل‌پذیری[1]: سیستم‌های سیبرنتیکی در یک موقعیت فرصت‌طلبانه، تهدیدها را به فرصت تبدیل می‌کنند و در این موقعیت، خود را گسترش و تکامل یا تغییر می‌دهند. به‌واسطه این فرصت‌ها، تکامل سیستم‌های سیبرنتیکی رخ می‌دهد.

۵. اصل ساختمندی[2]: سیستم‌های سیبرنتیکی، تمایل به روند توسعه و پیچیدگی دارند و این در حالی است که پیوند خود را با موقعیت‌های پیشین سیستم و وضعیت سابق را حفظ می‌کنند. سیستم‌های سیبرنتیکی در عین‌حال که درحال توسعه صفات جدید هستند به ساختارهای قبلی خود نیز وابسته‌اند و ساختار وجودی خود را از دست نمی‌دهند.

۶. اصل انعطاف‌پذیری[3]: این سیستم‌ها، دارای بازخوردهای درون و برون سیستمی منفی و مثبت هستند. این غنای در بازخورد، سبب بازگشت سیستم به‌سوی خود می‌شود. این انعطاف‌پذیری و نشان دادن عکس‌العمل در مقابل محرّک‌های بیرونی و درونی و توانمندی در به خود بازگشتن، منجر به پویایی سیستم خواهد شد[4].

نتیجه‌گیری

راه‌حل‌های معمول سنتی دیگر جواب‌گوی آشفتگی‌های موجود در دنیای کنونی نیست و به راه‌حل‌های جدیدی نیازمندیم تا بتوانیم پیچیدگی‌های موجود در این دنیا و عصر حاضر را کنترل نماییم. سیبرنتیک یکی از این راه‌حل‌هاست. سیبرنتیک نگرشی عام به‌تمامی پدیده‌های عالم، اعم از طبیعی و اجتماعی دارد. لذا قلمرو مطالعاتی آن دربرگیرنده سیستم‌های فیزیکی و اجتماعی است. برای استفاده از این علم نیاز به شناخت مفاهیم و اصول آن داریم. با دسته‌بندی اصول و مفاهیم هر رشته خط فکری و چارچوب نظری آن علم برای پژوهشگران بهتر و بیشتر ترسیم‌شده و می‌تواند به پژوهش‌های آن حوزه خط سیر و چارچوب کلی دهد. ازآنجایی‌که پارادایم‌های غالب بر رویکردهای مختلف می‌تواند متفاوت و حتی در برخی از مواقع متضاد باشد شناخت این دیدگاه‌ها و مشخص کردن اصول حاکم بر هر دیدگاه می‌تواند در فهم موضوع بسیار حیاتی باشد.

سیبرنتیک مرتبه اول برپایه تفکرات معرفت‌شناسی نیوتنی (رویکرد مکانیکال) شکل گرفت. این دیدگاه (پوزیتویستی) عالم را ماشینی تعبیر می‌کند که مستقل از وجود ناظر به کارش ادامه می‌دهد درنتیجه

---

1. Evolvability
2. Constructivity
3. Reflexivity
4. http://pespmc1.vub.ac.be/cybsnat.html

معتقد است ما بدون مداخله می‌توانیم عالم را کنترل کنیم. پیش‌فرض هستی‌شناسانه نگـاه پوزیتویسـتی ایـن است که واقعیت مستقل از فاعل شناسا یا شخص مدرک است و ماهیتی قطعیت پذیر دارد. هدف پـارادایم اثبات‌گرایی (پوزیتویست) کشف قوانین جهان‌شـمول دربـاره طبیعـت و جامعـه اسـت. چـون ایـن دیـدگاه مرکب از عناصر و رویدادهای مجزا است، پس می‌توان آن را به اجزایی شکست و برای تعیین روابـط بـین آن اجزاء آنها را مجزا تحلیل کرد. به تعبیر هاجینستون[1] اثبات‌گرایان جهان را چنـان مـی‌نگرنـد کـه گـویی آنجا در بیرون قرار دارد و به‌صورتی کم‌وبیش ایستا در معرض تحقیـق اسـت (داورپنـاه و مختـاری، ۱۳۹۳: ۱۷۳).

سیبرنتیک مرتبه دوم را می‌توان مهم‌ترین تحول در حوزه سیبرنتیک دانست چراکه بقیه به‌نوعی بر آن متکی هستند. سیبرنتیک مرتبه دوم بر پایه تفکرات کل‌گرایی و نظریـه کوانتـوم شـکل گرفـت. در ایـن رویکرد (سیستمی) اعتقاد بر این است که هر سیستم خود از زیرسیستم‌های سیبرنتیکی تشکیل‌شـده و بـرای کنترل یک سیستم سیبرنتیکی به یک سیستم سیبرنتیکی دیگر نیاز است کـه خـود جزئـی از سیسـتم باشـد؛ بنابراین مشاهده‌گر خود بخشی از سیستم است و با توجه به نظریـه نسـبیت خـاص انیشـتین نـاظر قسـمتی از رویداد است. در سیبرنتیک مرتبه سوم اصل یکپارچگی در سیستم‌هـای سـیبرنتیکی مطـرح مـی‌شـود و اوج تفکر پست‌مدرن را می‌توان در دل سیبرنتیک مرتبه چهارم دید جایی‌کـه از دل کثـرت و تضـاد سـیبرنتیک وحدت‌آفرینی می‌کند (داورپناه، ۱۳۹۳).

مرور اصول و قوانین حاکم بر سیبرنتیک نشان داد که برخی اصول از تجربیات حسی برگرفته‌شده و امکان شناخت پدیده‌ها را براساس وجود قوانین عامی فراهم می‌کنند که براساس آنها می‌توان سرشت پدیده‌ها و روابط آنها با یکدیگر را شناخت. همچنین این اصول چیستی پدیده‌ها و تأثیر آنها بر یکدیگر و بر قلمروهای دیگر را مشخص می‌کنند. هی‌لیگن (۱۹۹۲) سیستم‌های سیبرنتیکی را سیستم‌های فیزیکی و ارگانیستی فرض کرده است. همان‌طور که در جدول ۲ نیز نشان داده شده است در اصول مطرح‌شده توسط هی‌لیگن ماهیتی رئالیستی به چشم می‌آید. با توجه به حوزه مطالعاتی وی، نوع نگاه او به سیستم‌های سیبرنتیکی نگاهی ارگانیستی و زیست‌شناختی است. در بیشتر اصول مطرح شده نگاهی اثبات‌گرایانه و پسا اثبات‌گرایانه برگرفته از فیزیک کلاسیک و قوانین زیست‌شناسی قابل‌مشاهده است گرچه در برخی از اصول مانند دانش ناقص مفاهیمی برگرفته از فیزیک جدید (قضیه ناتمامیت گودل) نیز به چشم می‌آید. در رویکرد پسااثبات‌گرایی (پست‌پوزیتویسم) حیات منظر دید خود را منظر دید بشر قرار داده و مفاهیمی

1. Hutchinston

همچون ضرورت و تصادف جای فرمول‌های خشک فیزیک را می‌گیرند. در این رویکرد قوانین زیست‌شناسی بر مبنای دو اصل تصادف و ضرورت پی‌ریخته شده‌اند (نشاط و حری، ۱۳۸۶). در بیشتر اصول مطرح‌شده (اصل بقاء انتخابی، خودمجاورتی، انتقال نامتقارن، و ساختارهای تکراری) سیستم میل به حرکت به‌سوی حالت تعادل دارد. نگاه غالب کمی‌گرایی به‌خوبی در اکثر اصول مطرح‌شده دیده می‌شود.

برخلاف این رویکرد در اصول مطرح‌شده توسط جوزلین نوعی نگاه کل‌گرایانه دیده می‌شود. در این نگاه مشاهده‌گر جزئی از سیستم و قسمتی از رویداد است. در این رویکرد نوعی نگاه عمومی و کل‌گرایانه (جهان‌بینی سیستمی) با تأکید بر بافت و زمینه در تمامی اصول به چشم می‌آید و معنا را به‌جای علت محور قرار داده و به نظر می‌رسد دارای جنبه عمومیت بیشتری باشد. اصول مطرح‌شده در دسته دوم عموماً با حوزه سیستم‌های اجتماعی که ماهیتی هرمنوتیکی دارند، همگنی بیشتری دارد. دیلتای که یکی از اندیشمندان تاریخی‌گرای در حوزه هرمنوتیک است[1] میان علوم فیزیکی یا طبیعی از یک‌سو، و علوم انسانی و اجتماعی (که آنها را تاریخی می‌خواند) از سوی دیگر، تفاوت عظیمی قائل است. وی با ادعای جهان‌شمول دانشمندان علوم طبیعی که روش‌های پوزیتویستی را به‌کار می‌برند، مخالف بوده و اعتقاد دارد که چنان روش‌هایی فقط در علوم طبیعی و فیزیکی (یعنی آن دسته از علوم که به‌غلط عنوان تجربی را به‌طور انحصاری در مورد آنها به‌کار می‌بریم) صادق هستند. وی استدلال می‌کند که این روش‌ها در علوم انسانی به‌کار نمی‌آیند، یا کارایی بسیار محدودی دارند. روش درست در علوم طبیعی و فیزیکی توصیف و تبیین پدیدارهاست، و روش درست در علوم اجتماعی «تأویل» است. ما در علوم انسانی با فهم سروکار داریم، و در علوم طبیعی با تبیین و توصیف (احمدی، ۱۳۷۲).

در فیزیک جدید اصطلاحاتی همچون گذشته، حال، و آینده مفاهیم عادی خود را از دست داده‌اند چراکه تئوری نسبیت خاص نشان می‌دهد که ناظرهای مختلف برداشت‌های مختلفی از زمان وقوع یک اتفاق دارند. در دنیای کوانتوم دیدگاه کل‌نگری حاکم است که جهان و پدیده‌هایش را یک کل تقسیم‌ناپذیر می‌داند. جهانی که در آن مشاهده‌کننده جدای از آنچه مشاهده می‌کند نیست، بلکه قسمتی از همان پدیده‌هاست. علم امروز وجود ذهن را در عین اینکه آن را یک «چیز» به‌حساب نمی‌آورد، قبول دارد. در مقایسه با دنیای جسم که شامل «چیزهایی» می‌شود که فضا را اشغال می‌کنند و حجم و جرم دارند دنیای

---

۱. اندیشمندان مطرح در علم هرمنوتیک را می‌توان در دو گروه کلی عینی گرایان و تاریخی گرایان جای داد. عینی گرایان اعتقاد دارند که می‌توان به فهم دقیق و درست متون نائل شد، در مقابل تاریخی گرایان تاریخ‌مندی را از اصول بنیادین فهم متون می‌دانند و آدمی را نیز اسیر شرایط ناشی از سنت و پیش‌فرض‌ها و انتظارات وی از متون به‌شمار می‌آورند.

ذهن تنها شامل فکر می‌گردد که نه فضا را اشغال می‌کند و نه حجم و جرم دارد. اینکه دو دنیای ذهن و ماده را جدای از هم فرض کنیم و هریک را جداگانه مطالعه کنیم ناشی از دیدگاه دوئالیسم است. واقعیت این است که این دو دنیا به‌ظاهر مجزا و متفاوت، دو روی یک سکه را تشکیل می‌دهند، چراکه همکنش مداوم بین آنها در جریان است. همان‌طور که قبلاً گفته شد در فیزیک نیوتنی (تفکر پوزیتویستی) ناظر و ذهن وی هیچ نقشی ندارند و اعتقاد بر آن است که اتفاقات جهان چه با ناظر و چه بدون وی همان خواهد بود؛ اما در فیزیک جدید و رویکرد هرمنوتیکی ناظر نقشی اساسی دارد. از طرفی در فیزیک جدید اجسام بر همدیگر اثر می‌گذارند و تمامی اجسام در اقیانوس جاذبه جهان شناورند و مسیرهای خاصی را تحت تأثیر همدیگر می‌پیمایند. وقتی دو جسم با جرم‌های متفاوت از کنار هم عبور می‌کنند فضای انحناء یافته‌شان همدیگر را تغییر می‌دهند و بدین گونه مسیر حرکت همدیگر را نیز متأثر می‌نمایند (ناصری، ۱۳۸۳). کوهن اندیشمند بزرگ فلسفه علم نیز تقریباً همین را به زبانی فلسفی بیان می‌کند جایی‌که یک پارادایم قالب باعث تأثیر بر فکرها و اندیشه‌های کوچک‌تر می‌شود و مسیر حرکت اندیشه‌ها را با خود همراه می‌کند.

با توجه به سیر تحول دیدگاه‌های فلسفی، و تفاوت نوع نگاه این رویکردها به پدیده‌های عالم می‌توان خاستگاه مراتب و اصول متفاوت ارائه‌شده در سیبرنتیک را در قالب تفاوت در مفهوم مشاهده و مشاهده‌گر دانست. فیزیک کلاسیک حرکت را جابجایی پیوسته ماده تعریف می‌کند، به یک جهان محاسبه پذیر اعتقاد دارد، فضا و زمان را کمیت‌های مطلق و مجزای از هم در نظر می‌گیرد، و برخوردی اجزانگرانه به جهان و پدیده‌هایش دارد، جهان را ماشینی ساعت‌گونه به تصویر می‌کشد، و به نظم و علت و معلولی اعتقاد دارد. در این دنیا، تمام پدیده‌ها مستقل از فاعل شناسا (مشاهده‌گر) همچون ساعتی دقیق و قانون‌مدار با نظم و ترتیب خاص رخ می‌دهند. در مقابل در فیزیک جدید میدان‌ها (ارتباط) هستند که موجودیت روابط و رفتار دنیای کوانتوم و پدیده‌های کوانتومی را شکل می‌دهند. در این دنیا مشاهده‌گر اصلی اجتناب‌ناپذیر است که جدای از پدیده یا رویداد نیست و قسمتی از همان پدیده به‌حساب می‌آید. از نظر فیزیک جدید روابط بین ذرات و درنهایت میدآنها اهمیت بیشتری دارند تا خود ذرات. به‌عبارت ساده‌تر آنچه اهمیت دارد رقص است نه رقاص، آهنگ است نه ساز، و مفهوم است نه حروف (ناصری، ۱۳۸۳).

همان‌طور که اشاره شد نحوه نگرش و زاویه نگاه اندیشمندان به پدیده‌های هستی موجب شکل‌گیری دیدگاه‌های مختلف و اصول متفاوت برای علوم شدند. در ابتدا دیدگاه پوزیتویستی براساس

تئوری نیوتون و دیدگاه مکانیکی شکل گرفت. سپس پسا اثبات‌گرایان با توجه به دو اصل ضرورت و تصادف قوانین زیست‌شناسی را پی‌ریزی کردند. با ورود تئوری کوانتوم و نسبیت به عرصه فیزیک و آشکار شدن ناتوانی‌های فیزیک کلاسیک در چند مورد، برداشت از جهان و پدیده‌های آن به‌کلی متحول شد. این تحول تئوریک و فلسفی موجب گردید که علم فیزیک عنوان «فیزیک جدید» را بیابد. در اصل تفاوت در نوع نگاه به مفهوم مشاهده و مشاهده‌گر است که باعث شکل‌گیری رویکردهای متفاوت و جهان‌بینی‌های مختلف در علوم و متعاقب آن سیبرنتیک شده است. تا جایی که نقطه عطف شکل‌گیری فیزیک جدید را می‌توان مداخله دادن مشاهده‌گر در رویداد دانست. جهانی که در آن مشاهده‌کننده جدای از آنچه مشاهده می‌کند نیست، بلکه قسمتی از همان پدیده است در حالی‌که در فیزیک کلاسیک تمام پدیده‌ها مستقل از مشاهده‌گر همچون ساعتی دقیق و قانون‌مدار با نظم و ترتیب خاص رخ می‌دهند. با توجه به تفاوت نوع نگاه اندیشمندان به پدیده‌های هستی، آنها هر یک از زاویه نگاه خود اصولی را برای علم سیبرنتیک برشمرده‌اند. بنابراین می‌توان گفت بن‌مایه فکری نسل‌ها و اصول سیبرنتیک آینده‌ای از رویکردهای پوزیتویستی، ارگانیستی، جهان‌بینی سیستمی و فیزیک جدید است. بر این اساس رویکردی سیبرنتیکی در طی عمر کوتاه آن متکی بر دیدگاه‌های حاکم متحول شده است.

فهرست منابع

احمدی، بابک (۱۳۷۲). خرد هرمنوتیک. *کلک*، شماره ۳۹: ۱۰-۲۱.

آزاد، اسدالله (۱۳۸۶). *اطلاعات و ارتباطات*. تهران: کتابدار.

برتالنفی، لودویگ‌فون (۱۳۶۶). *نظریه عمومی سیستم‌ها: مبانی، تکامل و کاربردها*. ترجمه کیومرث پریانی. تهران: تندر.

خاجی، حامد (۱۳۸؟). رهبری سایبرنتیکز. *مجموعه مقالات دومین کنفرانس بین‌المللی مدیریت*.

داورپناه، محمدرضا (۱۳۹۳). *تقریرات درس ارتباطات و سیبرنتیک* (دوره دکتری علم اطلاعات و دانش‌شناسی). مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده علوم تربیتی و روانشناسی.

داورپناه، محمدرضا؛ مختاری، حیدر (۱۳۹۳). *نظریه علم*. تهران: دبیزش.

زاهدی، شمس السادات؛ اسدپور امین؛ حاجی نوری، خاطره (۱۳۹۰). رابطه سیبرنتیک و مدیریت دانش در سازمان. *مطالعات مدیریت بهبود تحول*. ۶۳.

سیبرنتیک و حافظه (۱۳۵۴). ترجمه غلامرضا جلالی نائینی. تهران: رز.

لرنر، آ. (۱۳۶۶). *مبانی سیبرنتیک*. ترجمه کیومرث پریانی. تهران: دانش‌پژوه.

مورن، ادگار (۱۳۷۹). *درآمدی بر اندیشه پیچیده*. ترجمه افشین جهاندیده. تهران: نشر نی.

میرزایی اهرنجانی، حسن (۱۳۶۷). سایبرنتیک در مدیریت. *دانش مدیریت*. شماره ۱: ۱۷-۲۴.

ناصری، مسعود (۱۳۸۳). *صفر لوح پیدایش جهان ده بعدی تولد و مرگ در فیزیک جدید*. تهران: نشر مثلث.

نشاط، نرگس (۱۳۸۵). *از اطلاعات تا کوانتوم*. تهران: دما.

نشاط، نرگس؛ حری، عباس (۱۳۸۶). تلون مفهومی اطلاعات: ضرورت نظریه‌ای جامع برای یکپارچه‌کردن چندپارچگی. *اطلاع‌شناسی*. شماره ۱۷-۱۸.

وردو، سرجیو (۱۳۸۵). سیبرنتیک. *دایره المعارف کتابداری و اطلاع‌رسانی*. ترجمه فائزه خاجویی. تهران: کتابخانه ملی جمهوری اسلامی ایران.

Campbell D. T. (1974). *Evolutionary Epistemology, in: The Philosophy of Karl Popper*, Schilpp P.A. (ed.), (Open Court Publish. La Salle, Ill.): 413-463.

Dubberly, H. Pangaro, P. Haque, U. (2009). What is interaction? Are there different types? *Interactions*, vol. XVI.1.

Glanville, R. (2004). The purpose of second-order cybernetics, *Kybernetes*, Vol. 33 Iss 9/10: 1379 – 1386.

Heylighen, F. (1992). *Principles of systems and cybernetics: an evolutionary perspective.* Available in: pespmc1.vub.ac.be/papers/PrinciplesCybSys.pdf

Heylighen, F. Joslyn, C. (2001). *Cybernetics and second-order cybernetics*. Available in: www.lampsacus.com/documents/CyberneticsSecondOrder.pdf

Pask, G. (1975*). Conversation cognition and learning*. Amsterdam: Elsevier.

Scoot, B. (2004). *Second-order cybernetics: an historical introduction.* Available in: www.emeraldinsight.com/journals.htm?articleid=1454566&show=pdf

Zangeneh, M; Haydon, E. (2004). *The Psycho-Structural Cybernetic Model, Feedback, and Problem Gambling: A New Theoretical Approach*. Available in: http://dspace.ucalgary.ca/bitstream/1880/47863/1/IJMHA_2004_1%282%29_Zangeneh_Haydon.pdf